

明 細 書

半導体発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、出射効率の高い半導体発光素子に関する。特に、側面からの光の取り出しを重視した半導体発光素子に関する。

背景技術

[0002] 従来の半導体発光素子は、図1のように構成されていた。図1は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるIII族窒化物系化合物半導体からなるGaN系半導体発光素子の例である。図1において、81はp側ボンディングパッド、82はp型電極、83はp-GaN半導体層、85はInGaN活性層、86はn-GaN半導体層、87はサファイア基板、88はn側ボンディングパッド、89はn型電極である。

[0003] $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるIII族窒化物系化合物半導体を始め発光素子を形成する材料の屈折率は、空気に比較してかなり高く、例えば、図1に示すGaN系半導体発光素子では、InGaN活性層85で発光した光がp型電極82を通して空気中に出射するには、p-GaN半導体層83での空気中への入射角が臨界角以下でなければならない。入射角が臨界角を超えると空気中に出射できなくなり、全反射する。

[0004] 全反射された光は半導体発光素子内を伝搬していく。伝搬の状況を図2に示す。図2は活性層を有する半導体発光素子の中を伝搬する光の例である。図2において、91は半導体層、92は活性層、93は半導体層、94は半導体発光素子の上面、95は半導体発光素子の底面、96は伝搬する光を説明するための点光源である。

[0005] 活性層92の中の例えば点光源96の位置で発光した光が、半導体層91を通り、上面94に達する。入射角が臨界角以下のときは空気中に出射する。臨界角 θ_0 は半導体層91の屈折率を n_0 、空気の屈折率を1とすると、下記の式で与えられる。

$$\theta_0 = \sin^{-1}(1/n_0) \quad (1)$$

(1)式より、 $n_0 = 2.8$ のとき、 $\theta_0 = 21$ 度となり、入射角 θ が21度未満であれば、上面94から空気中に出射する。点光源96から半導体発光素子の上面94方向に向かっ

た光、又は点光源96から半導体発光素子の底面95に向かってから底面95で反射された光が半導体発光素子の上面94から空気中に出射する割合 η は、下記の式で与えられる。

$$\eta = (1 - \cos \theta_0) \quad (2)$$

(2)式において、 $\theta_0 = 21$ 度のとき、 $\eta = 7\%$ となる。半導体発光素子が直方体であるとすれば、全方向に向かった光のうち、空気中に出射する割合は、 $3\eta = 21\%$ で、79%が半導体発光素子内に閉じ込められる。

[0006] しかし、入射角 θ が21度以上であれば、全反射して再び半導体層91、93内を伝搬する。活性層92で発光した光にとって、半導体層91、93は透明であるが、活性層92は発光した光に対応するバンドギャップを有するため吸収体にもなりうる。半導体層91、93を伝搬する際に、活性層92も通過するため、通過するたびに吸収損により、伝搬する光が減衰する。

[0007] 半導体発光素子の側面に到達した光は入射角が21度以上であれば、再び全反射されて、半導体発光素子内に閉じ込められてしまう。入射角が21度未満であれば、空気中に出射する。前述したように、活性層92を何度も通過した光は減衰しているため、出射した光も強度が小さくなってしまう。

[0008] このように、活性層で発光した光が全反射によって、内部に閉じ込められる割合が多く、また、側面から出射する光も減衰している。活性層で発光した光を外部に取り出すことのできる割合を外部量子効率と呼ぶ。このような理由で従来の半導体発光素子では外部量子効率が悪い。

[0009] 半導体発光素子の側面での全反射を少なくするために、上面の形状を三角形にした技術もある(例えば、特許文献1参照。)。しかし、前述したように、いくら、側面での全反射を少なくしても、側面から出射する光が減衰していたのでは、外部量子効率の向上が望めない。

特許文献1: 特開平10-326910号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明は、このような問題を解決するために、半導体発光素子において、外部量子

効率を改善することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 前述した目的を達成するために、本願第1発明は、基板と、該基板上に、少なくとも、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面の面積に対して、該活性層の露出している側面の該第1半導体層、該活性層および該第2半導体層の面積の合計が5%以上である半導体発光素子である。
- [0012] また、本願第2発明は、基板と、該基板上に、少なくとも、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該活性層に含まれるすべての点から該活性層の露出している側面までの最短距離が40 μ m以下の半導体発光素子である。
- [0013] また、本願第3発明は、基板と、該基板上に形成された少なくとも第1半導体層と活性層と第2半導体層とを順に含む2以上のメサ部と、を備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ少なくとも該第2半導体層および該活性層が該メサ部間で空間的に分離されている半導体発光素子である。
- [0014] また、本願第4発明は、基板と、該基板上に形成された少なくとも第1半導体層と活性層と第2半導体層とを順に含む2以上のメサ部と、を備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該メサ部を接続するブリッジ部を除いて少なくとも該第2半導体層および該活性層が該メサ部間で空間的に分離されている半導体発光素子である。
- [0015] また、本願第5発明は、少なくとも、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は、該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面が該第2半導体層の側の露出した上面から少なくとも該活性層にまで達する凹部を有する半導体発光素子である。
- [0016] 本願発明において、前記第2半導体層の側の露出した上面の面積に対して、前記

活性層の露出している側面の前記第1半導体層、前記活性層および前記第2半導体層の面積の合計が5%以上とすることができる。

- [0017] また、本願発明において、少なくとも前記活性層に含まれるすべての点から前記活性層の露出した側面までの最短距離が $40\mu\text{m}$ 以下とすることができる。
- [0018] また、本願発明において、前記第2半導体層の側の露出した上面の形状が45度よりも小さい角度の頂点を形成することができる。
- [0019] また、本願発明において、前記活性層の露出している側面と前記第2半導体層の側の露出した上面とのなす一方の内角が138度以上とすることができる。
- [0020] また、本願発明において、前記基板の前記第1半導体層が形成された面に対して反対の側の面に反射層を備えることができる。
- [0021] また、本願発明において、前記半導体発光素子が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるIII族窒化物系化合物半導体発光素子とすることができる。

なお、本願発明における各構成は、可能な限り組み合わせることができる。

発明の効果

- [0022] 以上説明したように、本発明によれば半導体発光素子の出射効率を高めることができる。とくに、側面からの光の取り出しを優れたものとすることができる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]従来のIII族窒化物系化合物からなるGaN系半導体発光素子の構成を説明する図である。
- [図2]活性層を有する半導体発光素子の中を伝搬する光の例を説明する図である。
- [図3]本願発明の半導体発光素子の外形モデルの例を説明する図である。
- [図4]本願発明の半導体発光素子の半導体層の上面の面積に対する側面の面積の合計の割合と外部量子効率との関係を説明する図である。
- [図5]本願発明の原理を説明する図である。
- [図6]本願発明の半導体発光素子を説明する図である。
- [図7]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。
- [図8]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

[図9]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

[図10]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

[図11]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

[図12]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

[図13]本願発明の半導体発光素子の半導体層の上面の頂点の角度に対する外部量子効率の関係を説明する図である。

[図14]本願発明の半導体発光素子の外形モデルの例を説明する図である。

[図15]本願発明の半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

[図16]本願発明の実施例として作製した半導体発光素子の構造の例を説明する図である。

符号の説明

- [0024] 11 第2半導体層
12 活性層
13 第1半導体層
14 基板
15 第2半導体層の側の露出した上面
16 活性層の露出した側面
17 活性層の露出した側面
20 メサ部
21、22 ボンディングパッド
23 ブリッジ部
24 棚部
25 反射層
26 点光源
27 凹部
28 点光源
29 半径
50 活性層に含まれる点

- 51 側面までの距離
- 31、39 Ti/Auボンディングパッド
- 32 Ni/Au p型電極
- 33 p-GaN:Mgコンタクト層
- 34 $\text{AlGa}_{1-x}\text{N:Mg}$ 半導体層
- 35 $\text{In}_{1-y}\text{Ga}_y\text{N}$ 活性層
- 36 n-GaN:Si高温バッファ層
- 37 GaN低温バッファ層
- 38 サファイア基板
- 40 Al/Au n型電極
- 41 パッシベーション膜
- 42 金属反射層
- 81 p側ボンディングパッド
- 82 p型電極
- 83 p-GaN半導体層
- 85 InGaN活性層
- 86 n-GaN半導体層
- 87 サファイア基板
- 88 n型ボンディングパッド
- 89 n型電極
- 91 半導体層
- 92 活性層
- 93 半導体層
- 94 半導体発光素子の上面
- 95 半導体発光素子の底面
- 96 点光源

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、本願発明の実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。

(実施の形態1)

本実施の形態は、基板と、該基板上に、少なくとも、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面の面積に対する該活性層の露出している側面の該第1半導体層、該活性層および該第2半導体層の面積の合計の割合を大きくすることによって、外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0026] 図3に本願発明の半導体発光素子の外形モデルの例を示す。図3において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、15は第2半導体層の側の露出した上面、17は活性層の露出している側面、21、22はボンディングパットである。

[0027] ここで、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるIII族窒化物系化合物からなる窒化物系半導体発光素子では、サファイア基板上にGaNバッファ層、n-GaN第1半導体層、GaInN活性層、p-GaN第2半導体層を積層し、n型電極形成のために、エッチングによってn-GaN第1半導体層の一部、GaInN活性層、p-GaN第2半導体層を露出させることがある。この場合、n-GaN第1半導体層の一部がエッチングされないで残される。本明細書では、側面17には残された第1半導体層の側面も含まれる。図3においては、活性層12の露出している側面17とは、図3に示す斜線部に相当した部分で、基板14の側面や、基板14上に残されている第1半導体層13の一部分の側面を含む。但し、図3に示す側面17の斜線部は半導体発光素子の1つの側面のみを表している。なお、本明細書において、以下同様とする。

[0028] 図3において、基板14上に第1半導体層13、活性層12、第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、第2半導体層11の側の上面15から出射するか、第1半導体層13、第2半導体層11を伝搬して側面から出射する。

[0029] 本実施の形態では、図3における第2半導体層11としてGaN層(屈折率2.8、透過

率100%)が $0.3\mu\text{m}$ とAlGaIn層(屈折率2.65、透過率100%)が $0.01\mu\text{m}$ 、活性層12としてGaInN層(屈折率2.8、透過率95.5%)が $0.1\mu\text{m}$ 、第1半導体層13としてGaN層(屈折率2.8、透過率100%)が $0.6\mu\text{m}$ 、基板14としてサファイア基板(屈折率1.8、透過率100%)の窒化物系化合物半導体において、第1半導体層13の底面の反射率を100%として外部量子効率をシミュレーションによって求めた。

[0030] 従来の半導体発光素子の形状では、上面の面積は $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ 、側面の面積は $300\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 程度となり、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合が1.4%となる。このときの外部量子効率を1として、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合と相対的な外部量子効率との関係を表1に示す。

[表1]

形状	側面の面積の合計／上面の面積	外部量子効率(相対値)
従来(正方形)	1.4%	1
丸	13%	1.09
正方形	14%	1.08
三角(頂角 60°)	17%	1.12
三角(頂角 40°)	18%	1.11
三角(頂角 20°)	21%	1.15

[0031] 表1の(側面の面積の合計／上面の面積)に対する外部量子効率を図4に示す。図4に示すように、上面の形状に係らず上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を増加させると外部量子効率が向上する傾向にある。特に、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合が5%を超えると外部量子効率が大きく改善することがわかる。これは、側面から出射する光が減衰していないので、外部量子効率が高くなると考えられる。

[0032] 従って、基板14と、基板14上に、少なくとも、第1半導体層13と、活性層12と、第2半導体層11と、を順に備える半導体発光素子であって、第2半導体層11は第1半導

体層13と異なった極性を持ち、かつ第2半導体層11の側の露出した上面15の面積に対する活性層12の露出している側面の第1半導体層13、活性層12および第2半導体層11の面積の合計が5%以上である半導体発光素子では、外部量子効率の拡大を図ることができた。

[0033] (実施の形態2)

本実施の形態は、基板と、該基板上に、少なくとも、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該活性層に含まれるすべての点から該活性層の露出している側面までの最短距離を短くすることによって、外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0034] 図5は本願発明の原理を説明した図である。図6は本願発明の説明図である。図5、図6において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、15は第2半導体層の露出した上面、17は活性層の露出している側面、28は点光源である。点光源28はこの位置で発光したとする仮想的な点である。図6において、16は活性層の露出した側面、50は活性層に含まれる点、51は点50から側面16までの距離を示す。

[0035] 図5において、基板14上に第1半導体層13、活性層12、第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。点光源28からの光は、図2で説明したように、図5における第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13を伝搬して側面から出射する。このとき、点光源28からの光は活性層12を何回か横切る。また、活性層12は、電子とホールとの再結合によって得られたエネルギーに対応した波長をもつ光を発する。つまり、逆にその波長の光が活性層12を通過すると、活性層12はその波長の光にとって吸収体となり、光は減衰する。

[0036] 従来の半導体発光素子では、半導体層の幅が半導体層の厚みに比べ相対的に大きいと、活性層で発光した光が半導体層の側面に到達するまでの距離が長く、半

導体層と外部との境界面で反射して活性層を横切る回数が多い。そのため、光が半導体層の側面から出射したときには、光が減衰しており、十分な外部量子効率を得ることができなかった。

[0037] 本実施の形態では、図6における活性層12に含まれる点50から側面16までの距離51を短くすることにより、結果として、活性層12で発光した光が側面16に到達するまでに活性層12を横切る回数を減らし、光の減衰量を少なくすることが可能となった。つまり、側面16から出射する光の出射効率を高くし、外部量子効率を向上させることが可能となった。

[0038] 本実施の形態では、実験を重ねた結果、図6において、活性層12に含まれる点50から側面16までの最短距離が $40\mu\text{m}$ 以下のとき、外部量子効率が大きく向上することがわかった。ここで、最短距離とは、点50から側面16までの距離51のうち最短のものをいう。

[0039] 従って、基板14と、基板14上に、少なくとも、第1半導体層13と、活性層12と、第2半導体層11と、を順に備える半導体発光素子であって、第2半導体層11は第1半導体層13と異なった極性を持ち、かつ活性層12に含まれるすべての点50から活性層12の露出している側面16までの最短距離を $40\mu\text{m}$ 以下である半導体発光素子では、外部量子効率の拡大を図ることができた。

[0040] (実施の形態3)

本実施の形態は、基板と、該基板上に形成された少なくとも第1半導体層と活性層と第2半導体層とを順に含む2以上のメサ部と、を備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ少なくとも該第2半導体層および該活性層が該メサ部間で空間的に分離されることによって外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0041] 図7に本願発明の半導体発光素子の構造の例を示す。図7において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、15は第2半導体層の側の露出した上面、17は活性層の露出している側面、20はメサ部、21、22はボンディングパッドである。図7では、上面15の形状が三角形をしたメサ部20が基板14上に2つ形成されている。基板14上のメサ部20は2つに限らず、複数あればよい。このような

メサ部20は、基板14上に活性層12を含む半導体層を積層した後に、メサ部20となる部分を除いてエッチングすることによって形成することができる。

[0042] 図7において、基板14上の各メサ部20に少なくとも第1半導体層13、活性層12、第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11上に設けられたボンディングパッド21から第2半導体層11へ、基板14上に設けられたボンディングパッド22から第1半導体層13へ電流が供給される。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、それぞれのメサ部20の第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬してそれぞれのメサ部20の側面から出射する。

[0043] 図7に示すように、大きなメサ部を形成するよりも、複数の微小なメサ部を基板上に形成する方が、第1半導体層13、第2半導体層11を伝搬する光は活性層12で吸収される前にメサ部20の側面から出射するため出射効率が高くなり、その結果、外部量子効率が大きく向上する。

[0044] 実施の形態1で説明したように、本実施の形態による半導体発光素子においても、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合が5%を超えると外部量子効率が大きく改善する。

[0045] また、実施の形態2で説明したように、本実施の形態による半導体発光素子においても、活性層12に含まれる点から活性層12が露出した側面までの最短距離が40 μ m以下であると外部量子効率が大きく改善する。

[0046] 図7では、基板14の上部には第1半導体層13の一部がエッチングされないで残されているため、ボンディングパッド22は基板14に設けられている。もちろん、導体を基板14とすることができれば、第1半導体層13の一部が残されなくても、ボンディングパッド22は基板14上に設けることができ、さらに、共通のボンディングパッドでもよい。基板14が導体でもなく、基板14の上部に第1半導体層13の一部が残されてもいない場合は、ボンディングパッド22は第1半導体層13に接続されるように、第1半導体層13に形成した棚部等に設ければよい。

[0047] 従って、基板14と、基板14上に形成された少なくとも第1半導体層13と活性層12と第2半導体層11とを順に含む2以上のメサ部20と、を備える半導体発光素子であって、第2半導体層11は第1半導体層13と異なった極性を持ち、かつ少なくとも第2半導体層11および活性層12がメサ部間で空間的に分離された半導体発光素子では、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を大きくすることができるため、外部量子効率を大きく改善することができた。また、本実施の形態の半導体発光素子では、活性層12に含まれる点から活性層の露出した側面までの最短距離を短くすることもできるため、外部量子効率を大きく改善することができた。

[0048] さらに、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を5%以上にした半導体発光素子や、活性層12に含まれるすべての点から活性層12の露出した側面までの最短距離が40 μ m以下の半導体発光素子では、側面から出射する光が減衰し難いので、外部量子効率の拡大を図ることが可能となる。

[0049] (実施の形態4)

本実施の形態は、基板と、該基板上に形成された少なくとも第1半導体層と活性層と第2半導体層とを順に含む2以上のメサ部と、を備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該メサ部を接続するブリッジ部を除いて少なくとも該第2半導体層および該活性層が該メサ部間で空間的に分離されることによって外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0050] 図8、図9に本願発明の半導体発光素子の構造の例を示す。図8、図9において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、15は第2半導体層の側の露出した上面、17は活性層の露出している側面、20はメサ部、21、22はボンディングパッド、23はブリッジ部、24は棚部である。図8、図9では、上面15の形状が三角形をしたメサ部20が基板14上に2つ形成されている。基板上のメサ部は2つに限らず、複数あればよい。2つのメサ部はブリッジ部23によって接続されている。

[0051] ここで、ブリッジ部23は、基板上に形成された複数のメサ部20を電氣的に接続するためのもので、基板14上に活性層12を含む半導体層を積層した後に、メサ部20又はブリッジ部23となる部分を除いてエッチングすることによって形成することができる。本実施の形態では、実施の形態3に示した半導体発光素子において、各メサ部20

の活性層12の一部、即ちブリッジ部23によって接続された部分を除いて分離した形態となっている。

[0052] 図8において、基板14上の各メサ部20に少なくとも第1半導体層13、活性層12、第2半導体層11が形成されている。第2半導体層11上に設けられたボンディングパッド21から2つのメサ部20の第2半導体層11へ、棚部24上に設けられたボンディングパッド22から2つのメサ部20の第1半導体層13へ電流が供給される。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、それぞれのメサ部20の第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬してそれぞれのメサ部20の側面から出射する。

[0053] 図8において、2つのメサ部20の第2半導体層11及び第1半導体層13はブリッジ部23で接続されることによってそれぞれのメサ部20が電氣的に接続されているため、ボンディングパッド21とボンディングパッド22はそれぞれ1つずつあれば足り、半導体発光素子の製造工程が簡易になる。図8の基板14は導体でもなく、基板14の上部に第1半導体層13の一部が残されていないため、ボンディングパッド22は第1半導体層13に接続されるように、第1半導体層13に形成した棚部24に設けている。

[0054] 図9において、基板14上の各メサ部20に少なくとも第1半導体層13、活性層12、第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11上に設けられたボンディングパッド21から2つのメサ部20の第2半導体層11へ、基板14上に設けられたボンディングパッド22から2つのメサ部20の第1半導体層13へ電流が供給される。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、それぞれのメサ部の第1半導体層の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬してそれぞれのメサ部20の側面から出射する。

[0055] 図9において、2つのメサ部20の第2半導体層11及び第1半導体層13はブリッジ部23で接続されているため、ボンディングパッド21とボンディングパッド22はそれぞれ

れ1つずつあれば足り、半導体発光素子の製造工程が簡易になる。図9の基板14の上部には第1半導体層13の一部がエッチングされないで残されているため、ボンディングパッド22は基板14に設けることができる。もちろん、導体を基板14とすることができれば、第1半導体層13の一部が残されなくても、ボンディングパッド22は基板14上に設けることができる。

[0056] 本実施の形態では、前述した実施の形態3で説明したのと同様の効果が得られることに加え、ボンディングパッドを共通とすることが可能となる。

[0057] (実施の形態5)

本実施の形態は、少なくとも、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は、該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面が該第2半導体層の側の露出した上面から少なくとも該活性層にまで達する凹部を有することによって外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0058] 図10、図11に本願発明の半導体発光素子の構造の例を示す。図10、図11において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、17は活性層の露出している側面、21、22はボンディングパッド、24は棚部、27は凹部、である。図10、図11では、深さが少なくとも活性層12にまで達する凹部27が2つ設けられているが、第2半導体層11の側の上面の凹部27は2つに限らず、1以上あればよい。このような凹部27は、基板14上に活性層12を含む半導体層を積層した後に、エッチングすることによって形成することができる。なお、凹部27の形状および配置について、鋭角を持つ三角形形状をした凹部27を図10、図11に示すものとしたが、本実施の形態の1例であり、凹部27の形状および配置については、種々のものを適用することができる。

[0059] 図10において、基板14上に第1半導体層13、活性層12および第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11上に設けられたボンディングパッド21から第2半導体層11へ、棚部24上に設けられたボンディングパッド22から第1半導体層13へ電流が供給される。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールと

n型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬してそれぞれの半導体層の側面から出射する。

[0060] 図10に示すように、1以上の凹部27を設けることによって、活性層12が露出した側面が新たに形成され、第1半導体層13、第2半導体層11を伝搬する光は活性層12で吸収される前に新たに形成された側面から出射するため出射効率が高くなり、その結果、外部量子効率が大きく向上する。

[0061] 実施の形態1で説明したように、本実施の形態による半導体発光素子においても、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合が5%を超えると外部量子効率が大きく改善する。

[0062] また、実施の形態2で説明したように、本実施の形態による半導体発光素子においても、活性層12に含まれる点から活性層12が露出した側面までの最短距離が40 μ m以下であると外部量子効率が大きく改善する。

[0063] 図10において、第2半導体層11及び第1半導体層13は電氣的に接続されているため、ボンディングパッド21とボンディングパッド22はそれぞれ1つつあれば足り、半導体発光素子の製造工程が簡易になる。図10の基板14は導体でもなく、基板14の上部に第1半導体層13の一部が残されていない場合は、ボンディングパッド22は第1半導体層13に接続されるように、第1半導体層13に形成した棚部24に設けなければならない。

[0064] 図11において、基板14上に第1半導体層13、活性層12および第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11上に設けられたボンディングパッド21から第2半導体層11へ、基板14上に設けられたボンディングパッド22から第1半導体層13へ電流が供給される。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このとき、p型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬してそれぞれの半導体層の側面から出射する。

[0065] 図11において、第2半導体層11及び第1半導体層13は電氣的に接続されている

ため、ボンディングパッド21とボンディングパッド22はそれぞれ1つずつあれば足り、半導体発光素子の製造工程が簡易になる。図11の基板14の上部には第1半導体層13の一部がエッチングされないで残されているため、ボンディングパッド22は基板14に設けることができる。もちろん、導体を基板14とすることができれば、第1半導体層13の一部が残されなくても、ボンディングパッド22は基板14上に設けることができる。

[0066] 従って、本実施の形態では、少なくとも、基板14と、第1半導体層13と、活性層12と、第2半導体層11と、を順に備える半導体発光素子であって、第2半導体層11は、第1半導体層13と異なった極性を持ち、かつ第2半導体層11の側の露出した上面15が第2半導体層11の側の露出した上面15から少なくとも活性層12にまで達する凹部を有することによって、上面15に対する側面17の面積の合計の割合を大きくすることが可能で、外部量子効率を改善することができた。また、本実施の形態の半導体発光素子では、活性層12に含まれる点から活性層の露出した側面までの最短距離を短くすることもできるため、外部量子効率を改善することができた。

[0067] さらに、第2半導体層11の側の露出した上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を5%以上にした半導体発光素子や、活性層12に含まれるすべての点から活性層12の露出した半導体層の側面までの最短距離が40 μ m以下の半導体発光素子では、側面から出射する光が減衰し難いので、外部量子効率の拡大を図ることが可能となる。また、さらに、凹部27を設けても半導体層は電氣的に接続されているため、ボンディングパッドを共通とすることが可能となる。

[0068] (実施の形態6)

本実施の形態は、少なくとも、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面の形状が45度よりも小さい角度の頂点を有することによって外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0069] 図12に本願発明の半導体発光素子の構造の例を示す。図12において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、15は第2半導体層の側の

露出した上面、17は活性層の露出している側面、である。図12では、上面15の形状が三角形をしている。形状は三角形に限らず、多角形でもよい。このような形状は、基板14上に活性層12を含む半導体層を積層した後に、エッチングすることによって形成することができる。

[0070] 第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このときp型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、図2で説明したように、活性層12の第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬して活性層12が露出した側面から出射する。

[0071] 図12において、上面15の形状は角度 θ の頂点を有する。本実施の形態では、図12における第2半導体層11としてGaN層(屈折率2.8、透過率100%)が $0.3\mu\text{m}$ とAlGaN層(屈折率2.65、透過率100%)が $0.01\mu\text{m}$ 、活性層12としてGaInN層(屈折率2.8、透過率97.5%)が $0.1\mu\text{m}$ 、第1半導体層13としてGaN層(屈折率2.8、透過率100%)が $0.6\mu\text{m}$ 、基板14としてサファイア基板(屈折率1.8、透過率100%)の窒化物系半導体発光素子において、第1半導体層13の底面に反射率を100%として、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合が20%のときの、頂点の角度 θ をパラメータに外部量子効率をシミュレーションによって求めた。

[0072] 従来の半導体発光素子の形状は、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合が1.4%の正方形である。このときの外部量子効率を1として、上面の頂点の角度に対する外部量子効率の関係を図13に示す。図13に示すように、頂点の角度が45度以下になると外部量子効率が向上する。

[0073] 従って、基板14上に活性層12を含む半導体層が形成された半導体発光素子であって、第2半導体層11は第1半導体層13と異なった極性を持ち、かつ第2半導体層11の側の露出した上面15の形状が45度よりも小さい角度の頂点を有する半導体発光素子は、外部量子効率の拡大を図ることができた。特に、活性層12に含まれるすべての点から活性層12の露出している側面までの最短距離が $40\mu\text{m}$ 以下である半導体素子や、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を5%以上にした半導体発光素子や、活性層12が空間で分離された複数のメサ部を基板上に備える

半導体発光素子や、活性層12がブリッジ部をのぞいて空間で分離された複数のメサ部を基板上に備える半導体発光素子では、側面から出射する光が減衰し難いので、外部量子効率の改善効果が高い。

[0074] (実施の形態7)

本実施の形態は、少なくとも、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該活性層の露出している側面と該第2半導体層の側の露出した上面とのなす一方の内角が138度以上とすることによって外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0075] 図14に本願発明の半導体発光素子の外形モデルの例を示す。図14において、11は第2半導体層、12は活性層、13は第1半導体層、14は基板、15は第2半導体層の側の露出した上面、17は活性層の露出している側面、26は点光源である。点光源26はこの位置で発光したとする仮想的な点である。図14に示すような側面17は、縦、横の選択比の差が小さい条件でエッチングすると得られる。

[0076] 図14において、基板14上に第1半導体層13、活性層12、第2半導体層11、が形成されている。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このときp型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。図14に示すように、例えば、活性層12の中の点光源26で発光した光は、第2半導体層11の側の上面から出射するか、第2半導体層11、第1半導体層13内を伝搬して各半導体層の側面から出射する。

[0077] 図14において、本実施の形態では、第2半導体層11としてGaN層(屈折率2.8)とAlGaN層(屈折率2.65)、活性層12としてGaInN層(屈折率2.8)、第1半導体層13としてGaN層(屈折率2.8)の窒化物系半導体発光素子において、第1半導体層13の底面の反射率を100%として側面17と上面15のなす内角の最適値を求めた。

[0078] 活性層12で発光した光が第2半導体層11の側の上面で臨界角で反射して、さらに、第1半導体層13の底面で反射して、側面に対して臨界角である21度以下入射角 ϕ で入射する条件は、 $\alpha \geq 138$ である。側面17への入射角が21度よりも小さいと、

側面で全反射されずに、外部の空気中に出射する。

[0079] 従って、基板14上に活性層12を含む半導体層が形成された半導体発光素子であって、第2半導体層11は第1半導体層13と異なった極性を持ち、かつ側面17と上面15のなす内角を138度以上とする半導体発光素子は、外部量子効率の拡大を図ることができた。特に、活性層12に含まれるすべての点から活性層12の露出している側面までの最短距離が $40\mu\text{m}$ 以下である半導体素子や、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を5%以上にした半導体発光素子や、活性層12が空間で分離された複数のメサ部を基板上に備える半導体発光素子や、活性層12がブリッジ部をのぞいて空間で分離された複数のメサ部を基板上に備える半導体発光素子では、側面から出射する光が減衰し難いので、外部量子効率の改善効果が高い。

[0080] (実施の形態8)

本実施の形態は、少なくとも、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつその基板上の第1半導体層が形成された面と反対側の面に反射層を有することによって、外部量子効率の拡大を図る半導体発光素子である。

[0081] 図15において、基板14上に活性層12を含む第2半導体層11、第1半導体層13が形成されている。第2半導体層11と第1半導体層13はそれぞれp型又はn型の半導体層で、かつ極性が異なっている。このときp型半導体層から供給されたホールとn型半導体層から供給された電子が活性層12で再結合して発光する。発光した光は、第2半導体層11の側の上面から出射するか、基板14に向かう。基板14が金属基板であれば、基板14に向かった光は、基板で反射される。基板14が透明材料の場合は、基板14の半導体層が形成された面と反対側の面に反射層25を設けると、基板14に向かった光は、反射層25で反射される。

[0082] 活性層12で発光した光が第2半導体層11の側の上面で臨界角で反射したり、反射層25で反射したりして、側面17に対して臨界角である21度よりも小さい入射角 ϕ で入射すると、側面17で全反射されずに、外部の空気中に出射する。

[0083] 従って、基板14上に活性層12を含む半導体層が形成された半導体発光素子であって、第2半導体層11は第1半導体層13と異なった極性を持ち、かつその基板14上

の半導体層が形成された面と反対側の面に反射層25を有する半導体発光素子は、外部量子効率の拡大を図ることができた。特に、活性層12に含まれるすべての点から活性層12の露出している側面までの最短距離が $40\mu\text{m}$ 以下である半導体素子や、上面15の面積に対する側面17の面積の合計の割合を5%以上にした半導体発光素子や、活性層12が空間で分離された複数のメサ部を基板上に備える半導体発光素子や、活性層12がブリッジ部をのぞいて空間で分離された複数のメサ部を基板上に備える半導体発光素子では、側面から出射する光が減衰し難いので、外部量子効率の改善効果が高い。

実施例

- [0084] 本願発明の $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるIII族窒化物系化合物半導体発光素子は、以下の方法で作製することができた。作製した半導体発光素子の構造を図16に示す。以下、図16を参照して説明する。
- [0085] 基板としてのサファイア基板38上に $400\sim 700^\circ\text{C}$ の温度でキャリアガスである水素ガス(H_2)と共に有機金属化合物ガスであるトリメチルガリウム(TMG)と反応ガスであるアンモニア(NH_3)を原料ガスとして供給し、有機金属化合物気相成長法により、Ga₂Nからなる層を $0.01\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度形成する。Ga₂N層は半導体発光素子の半導体層の一部としてのGa₂N低温バッファ層37となる。サファイア基板38の形成の際に、必要により SiH_4 を供給して、ドーパントとしてのSiを添加してもよい。半導体発光素子のサファイア基板のGa₂N低温バッファ層37が形成される面と反対側の面に金属反射層42を形成する場合は、Ga₂N低温バッファ層37を形成する前に、予め、金属で蒸着等により金属反射層42を形成しておく。
- [0086] 次に、 $900\sim 1200^\circ\text{C}$ の温度で前述の原料ガスに加えてドーパントとしての SiH_4 を供給し、n-GaN:Siからなる層を $2\sim 5\mu\text{m}$ 程度形成する。n-GaN:Si層は半導体発光素子の半導体層の一部としてのn-GaN:Si高温バッファ層36となる。
- [0087] 次に、前述の原料ガスに加えてトリメチルインディウムを導入し、バンドギャップエネルギーが半導体層のバンドギャップエネルギーよりも小さくなる材料、例えば、 $\text{In}_{1-y}\text{Ga}_y\text{N}$ ($0 < y \leq 1$) からなる層を $0.002\sim 0.1\mu\text{m}$ 程度形成する。 $\text{In}_{1-y}\text{Ga}_y\text{N}$ 活性層は半導体発光素子の活性層としての $\text{In}_{1-y}\text{Ga}_y\text{N}$ 活性層35となる。

- [0088] 次に、前述の原料ガスに加えてp型のドーパントとしてシクロペンタジェニルマグネシウム(Cp_2Mg)を供給し、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$):Mgからなる層を $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 程度形成する。 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$):Mg層は半導体発光素子の半導体層の一部としての $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$:Mg半導体層34となる。
- [0089] 次に、前述の原料ガスに加えてp型のドーパントとしてシクロペンタジェニルマグネシウム(Cp_2Mg)を供給し、p-GaN:Mgからなる層を $0.3\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$ 程度形成する。p-GaN:Mg層は半導体発光素子の半導体層の一部としてのp-GaN:Mgコンタクト層33となる。
- [0090] さらに、 $400\text{--}800^\circ\text{C}$ でアニールを行い、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$:Mg半導体層34とp-GaNコンタクト層33のドーパントの活性化を図る。III族窒化物系化合物からなる窒化物系半導体素子のp型層はドーパントとしてのMgなどがドーピングされているが、Mgなどはドーピングの際、キャリアガスである H_2 や反応ガスである NH_3 のHと化合し、ドーパントとしての働きをせず高抵抗になる。そこで、MgとHを切り離し、Hを放出して低抵抗化するために、アニールをおこなう。
- [0091] 次に、p型電極としてNi/Auを蒸着により形成する。蒸着されたNi/AuはNi/Au p型電極32となる。
- [0092] 次に、n型電極を形成するため、レジストを塗布してパターンニングを行い、成長した各半導体層、活性層、p型電極の一部をドライエッチングにより除去して、n-GaN:Si高温バッファ層36を露出させる。さらに、レジストを塗布してパターンニングを行い、Ni/Auを蒸着により形成する。リフトオフを行って、Al/Au n型電極40となる。ここでは、ドライエッチングにより半導体層等の一部を除去したが、半導体層を形成する材料によっては、ウェットエッチング等、他の手法を使用してもよい。
- [0093] 基板上に複数のメサ部や凹部を形成する場合は、各メサ部や凹部に対応してパターンニングを行う。複数のメサ部の半導体層上面に電流を拡散させるための電流拡散層を設けるためには、各メサ部を結ぶようにブリッジ部をパターンニングする。このとき、Ni/Au p型電極32がp側の電流拡散層に、n-GaN:Si高温バッファ層36がn側の電流拡散層となる。半導体層の上面に形状45度よりも小さい角度の頂点を持たせる場合は、その形状に合わせてパターンニングする。

[0094] 次に、レジストを塗布してパターニングを行い、Ti/Auを蒸着により形成する。リフトオフを行って、Ti/Auボンディングパッド31、39とする。電流拡散層、ボンディングパッドの形成には、ドライエッチングだけでなく、ウェットエッチング等、他の手法を用いてもよい。

[0095] 次に、電極金属とIII族窒化物系化合物半導体との間をオーミック接触にするためと、Ni/Au p型電極を半透明にするため、300℃程度の熱処理を行う。ついで、SiO₂膜をパッシベーション膜41として形成する。Ti/Auボンディングパッド31、39を露出するために、レジストでパターニングしてフッ酸等のエッチェントでTi/Auボンディングパッド31、39にあたる部分をウェットエッチングする。サファイア基板ごとダイシングにより、チップ化し、本願発明の半導体発光素子を得ることができた。

産業上の利用可能性

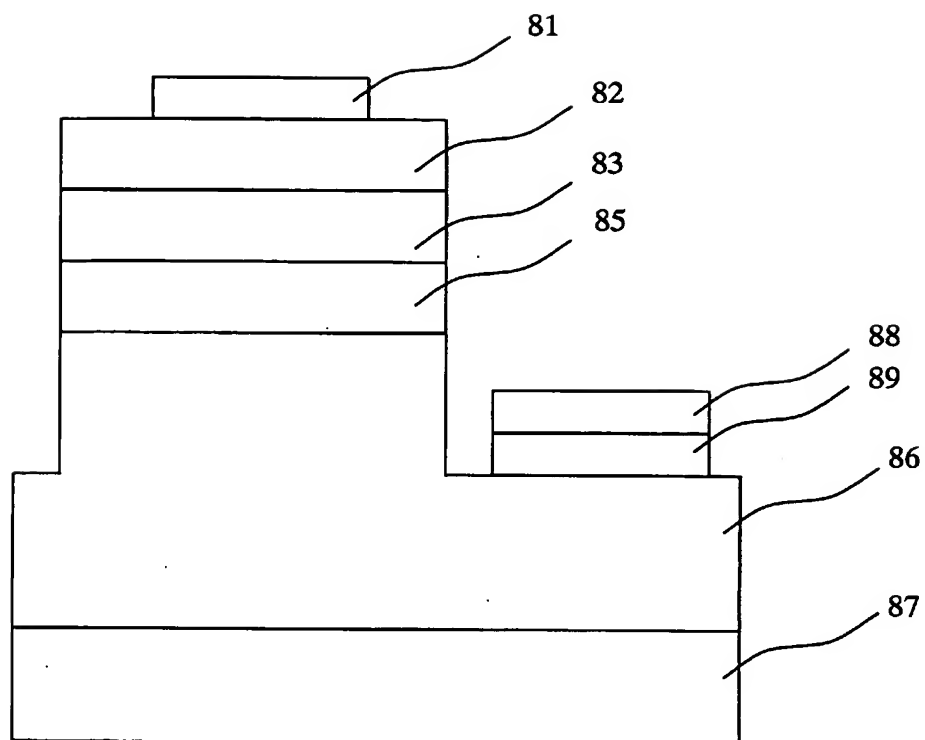
[0096] 本発明の半導体発光素子は、LEDとして適用することができる。

請求の範囲

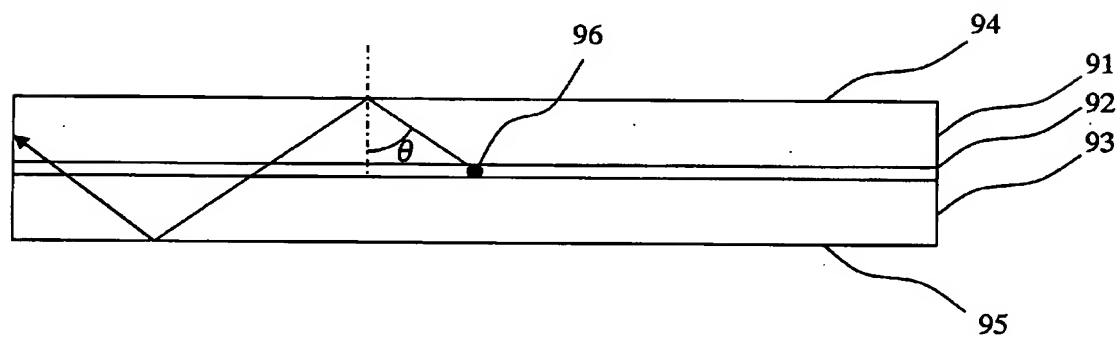
- [1] 基板と、該基板上に、少なくとも、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面の面積に対して、該活性層の露出している側面の該第1半導体層、該活性層および該第2半導体層の面積の合計が5%以上である半導体発光素子。
- [2] 基板と、該基板上に、少なくとも、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該活性層に含まれるすべての点から該活性層の露出している側面までの最短距離が40 μ m以下の半導体発光素子。
- [3] 基板と、該基板上に形成された少なくとも第1半導体層と活性層と第2半導体層とを順に含む2以上のメサ部と、を備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ少なくとも該第2半導体層および該活性層が該メサ部間で空間的に分離されている半導体発光素子。
- [4] 基板と、該基板上に形成された少なくとも第1半導体層と活性層と第2半導体層とを順に含む2以上のメサ部と、を備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該メサ部を接続するブリッジ部を除いて少なくとも該第2半導体層および該活性層が該メサ部間で空間的に分離されている半導体発光素子。
- [5] 少なくとも、基板と、第1半導体層と、活性層と、第2半導体層と、を順に備える半導体発光素子であって、該第2半導体層は、該第1半導体層と異なった極性を持ち、かつ該第2半導体層の側の露出した上面が該第2半導体層の側の露出した上面から少なくとも該活性層にまで達する凹部を有する半導体発光素子。
- [6] 前記第2半導体層の側の露出した上面の面積に対して、前記活性層の露出している側面の前記第1半導体層、前記活性層および前記第2半導体層の面積の合計が5%以上であることを特徴とする請求項2から請求項5に記載の半導体発光素子。
- [7] 少なくとも前記活性層に含まれるすべての点から前記活性層の露出した側面までの最短距離が40 μ m以下の請求項3から請求項5に記載の半導体発光素子。

- [8] 前記第2半導体層の側の露出した上面の形状が45度よりも小さい角度の頂点を有することを特徴とする請求項1から請求項5に記載の半導体発光素子。
- [9] 前記活性層の露出している側面と前記第2半導体層の側の露出した上面とのなす一方の内角が138度以上であることを特徴とする請求項1から請求項5に記載の半導体発光素子。
- [10] 前記基板の前記第1半導体層が形成された面に対して反対の側の面に反射層を有することを特徴とする請求項1から請求項5に記載の半導体発光素子。
- [11] 前記半導体発光素子が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるIII族窒化物系化合物半導体発光素子であることを特徴とする請求項1から請求項5に記載の半導体発光素子。

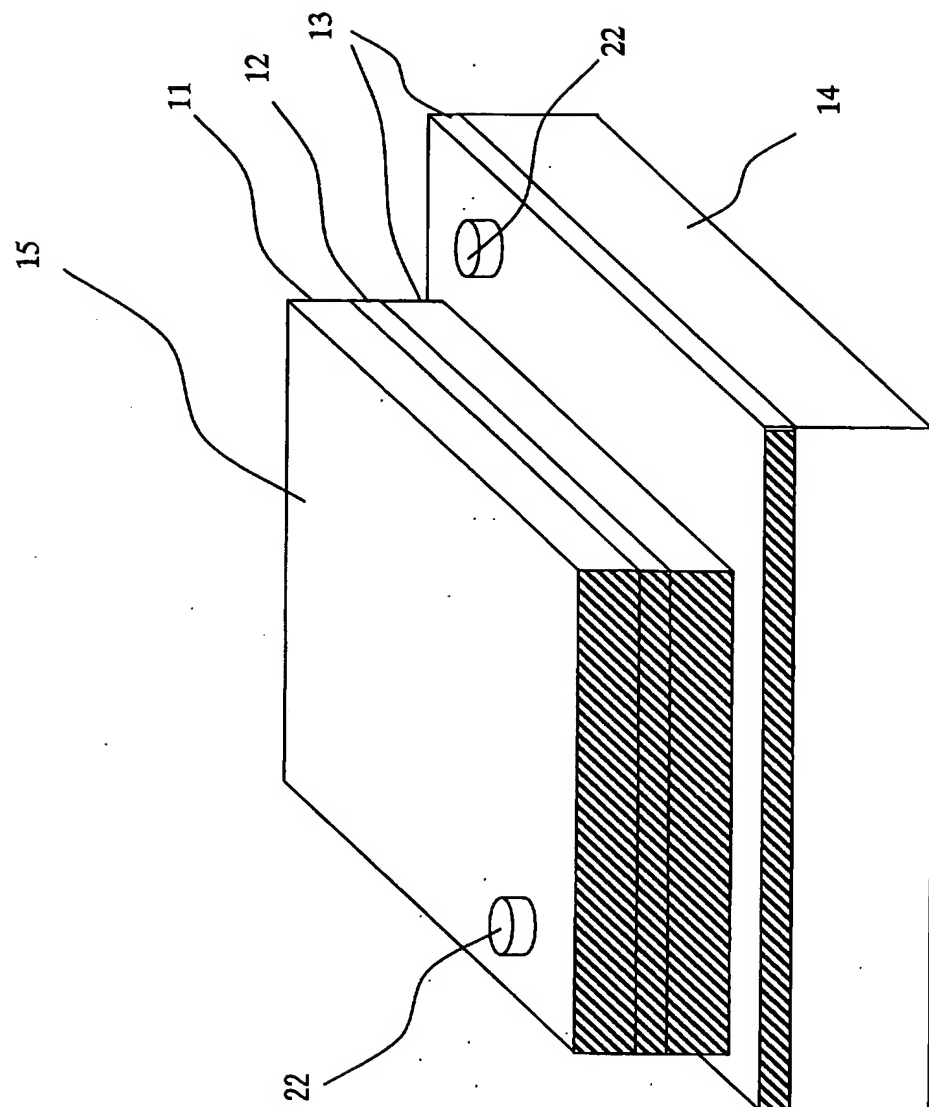
[図1]



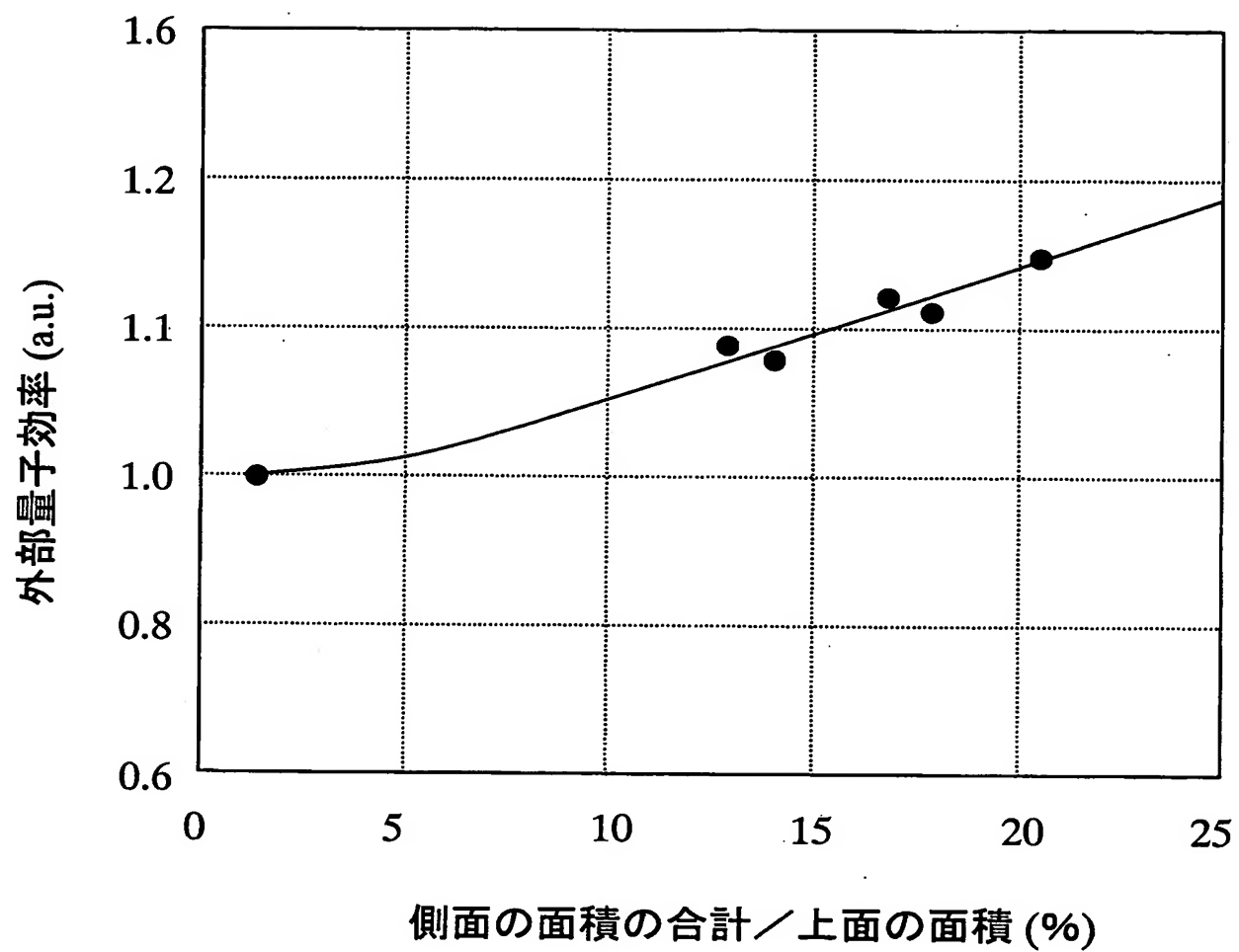
[図2]



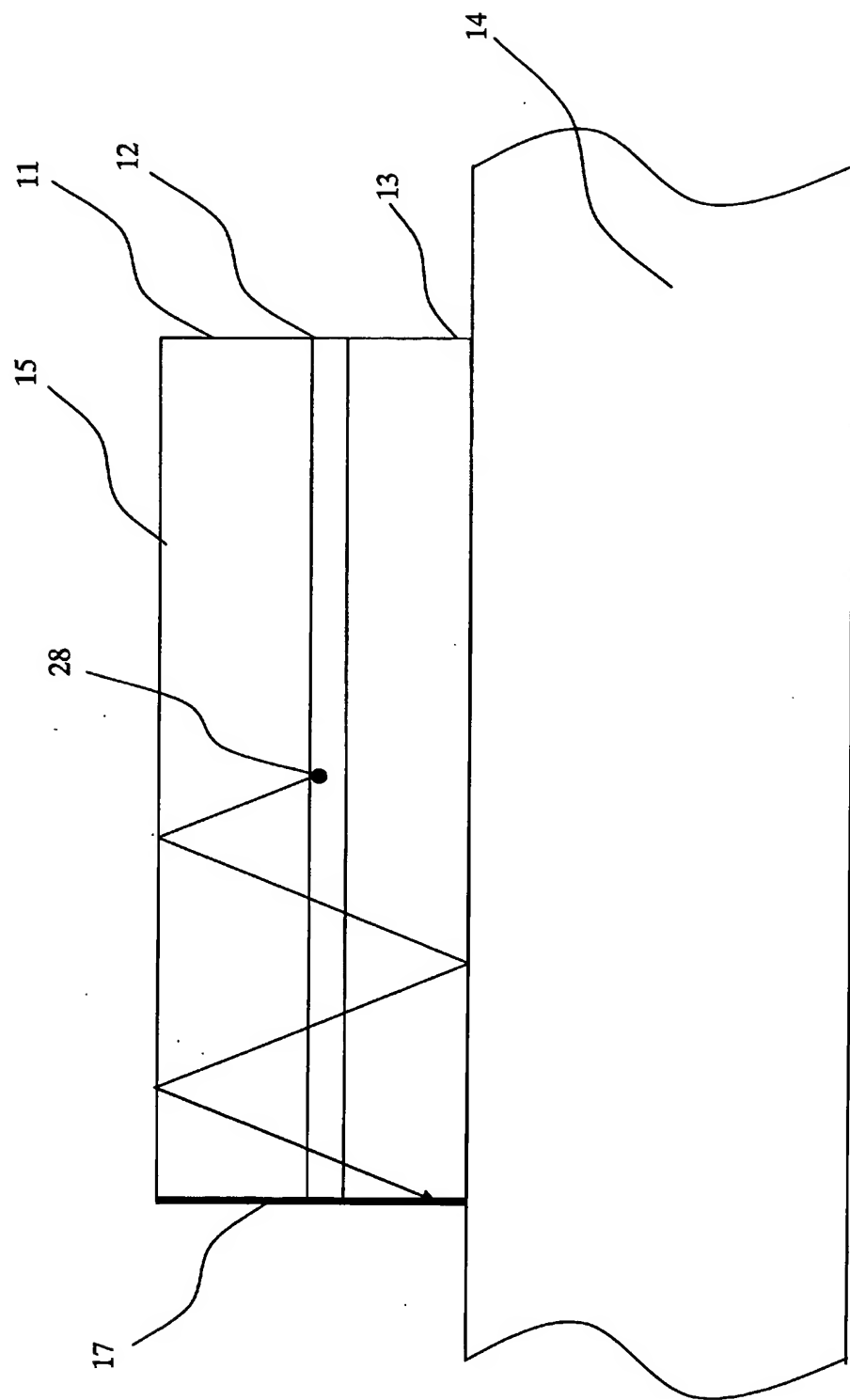
[図3]



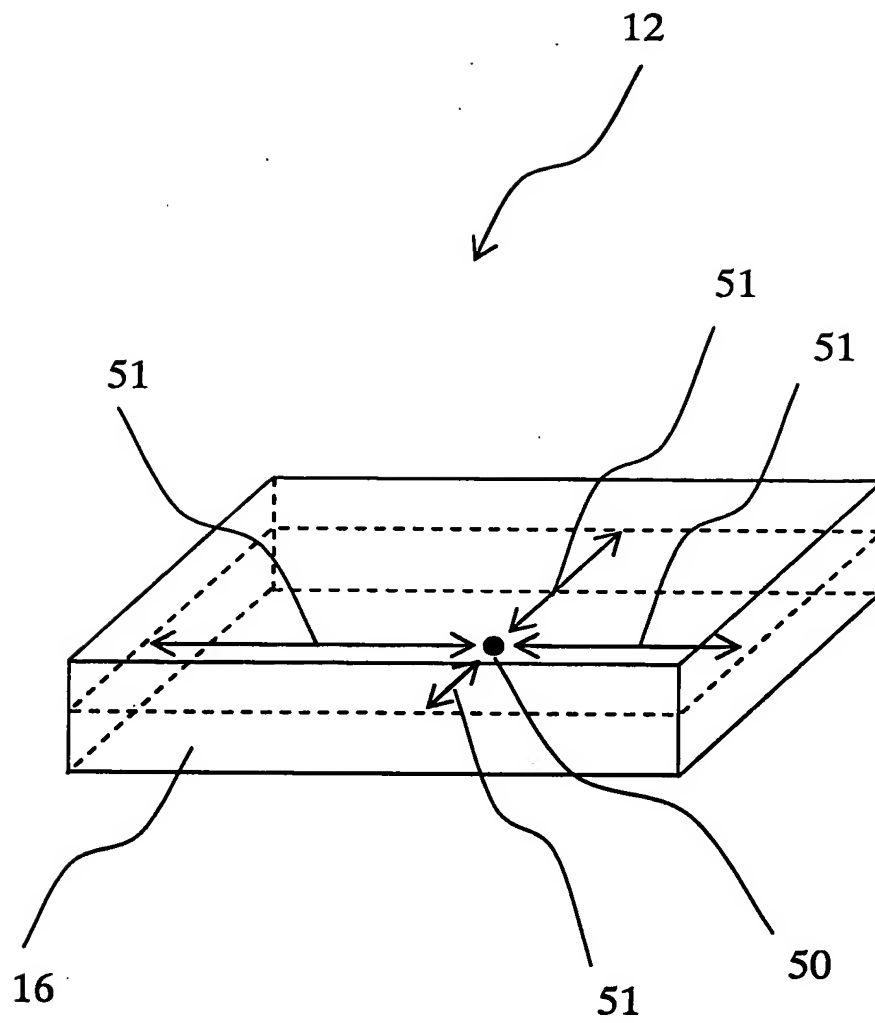
[図4]



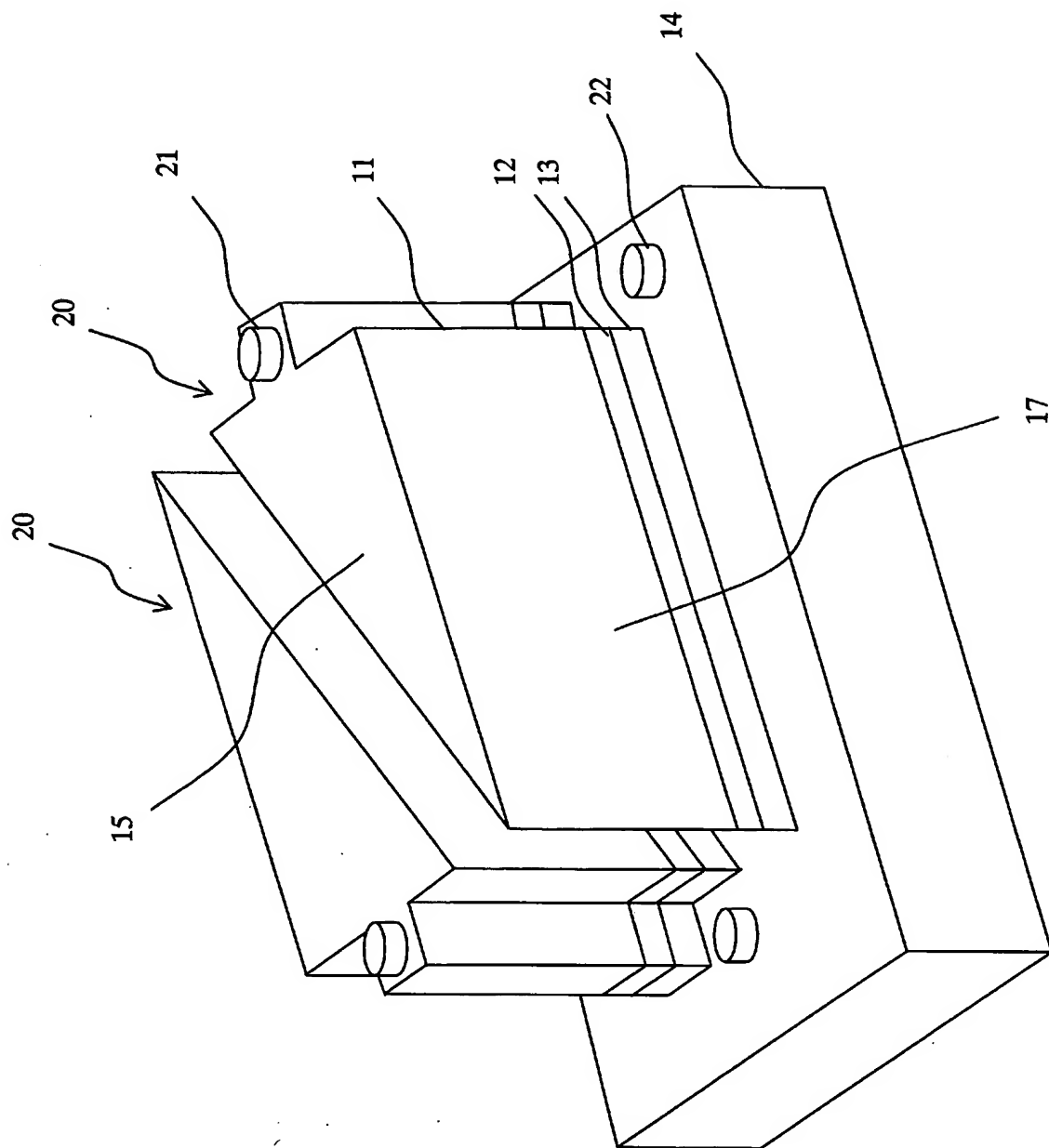
[図5]



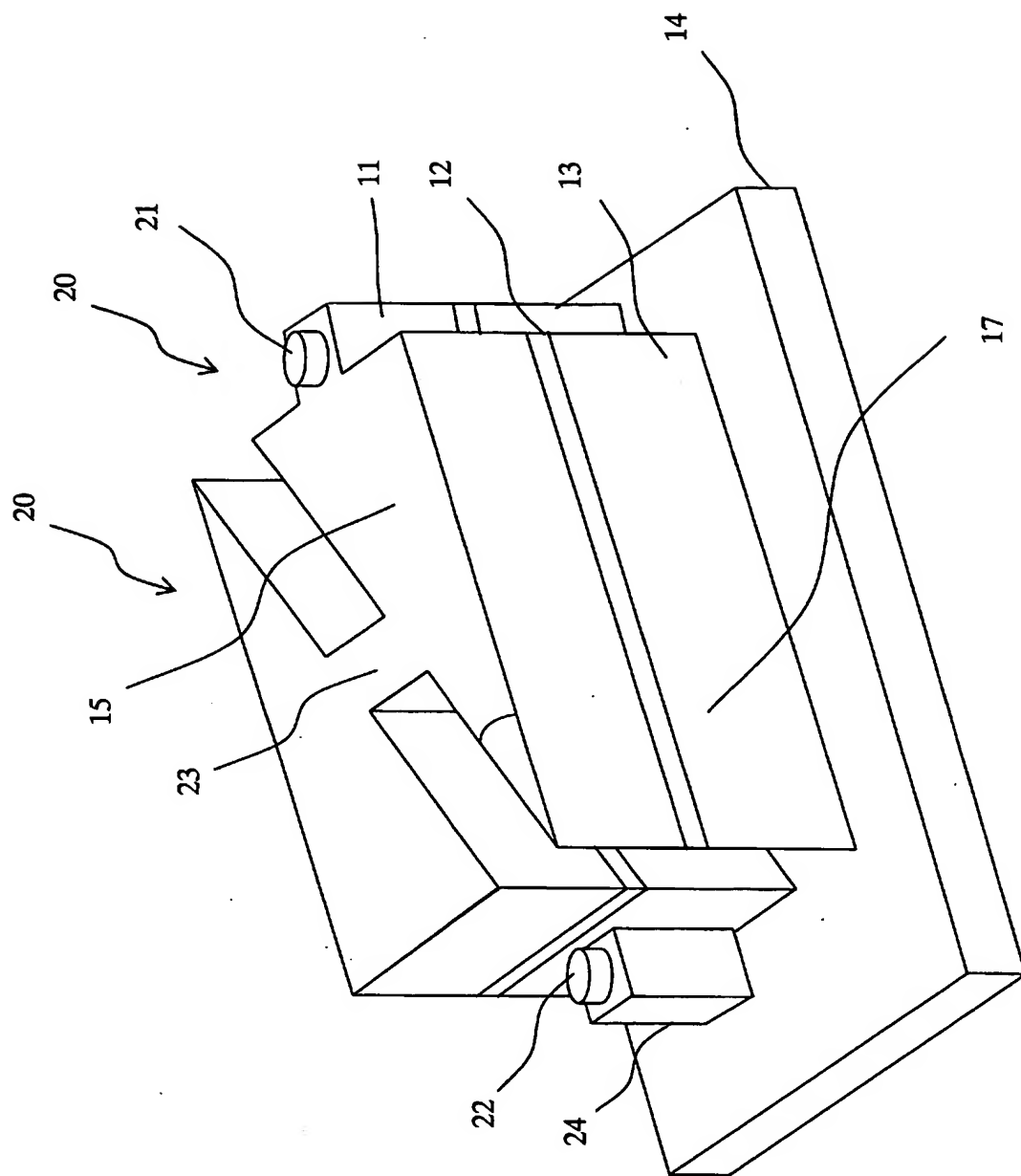
[図6]



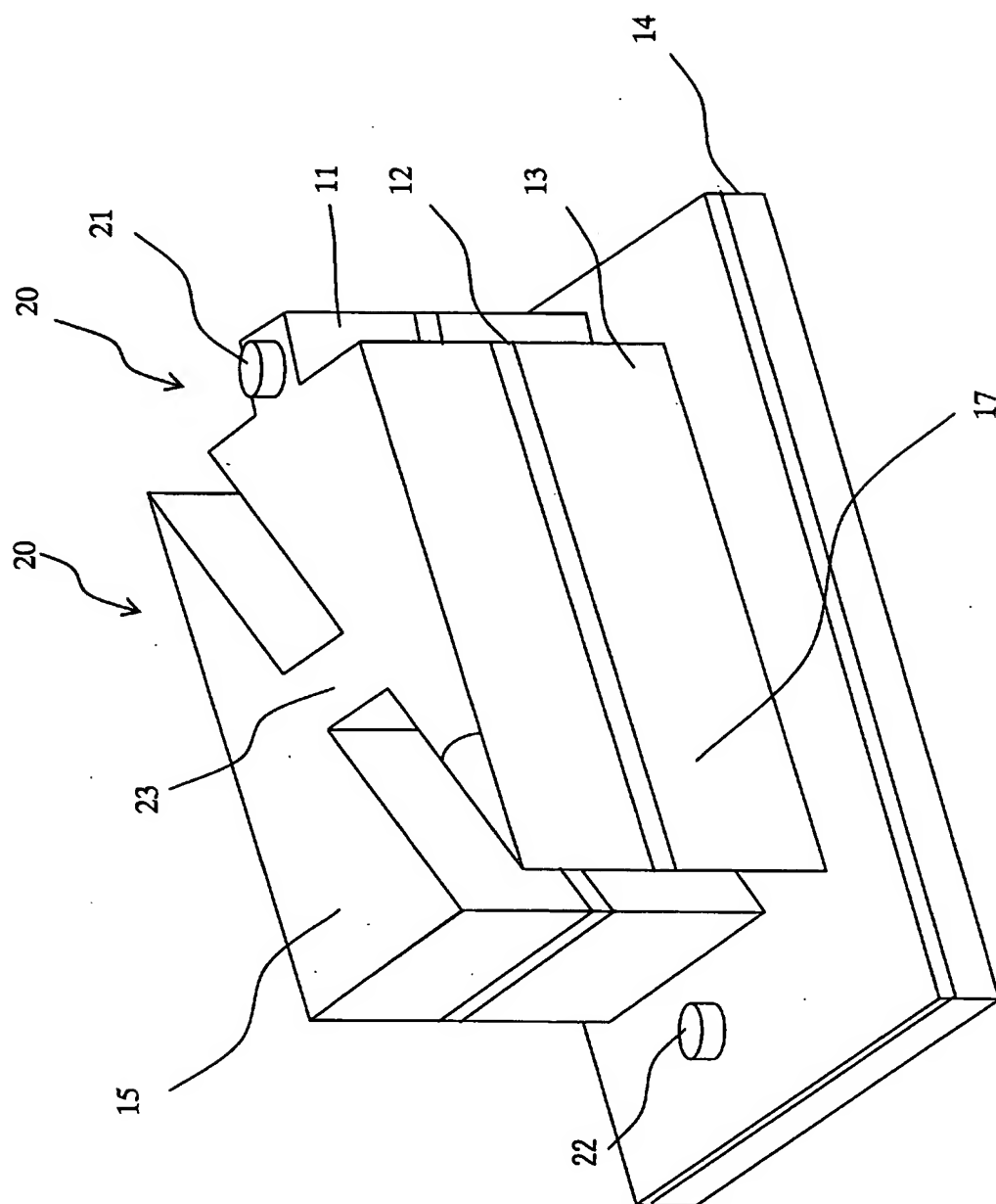
[図7]



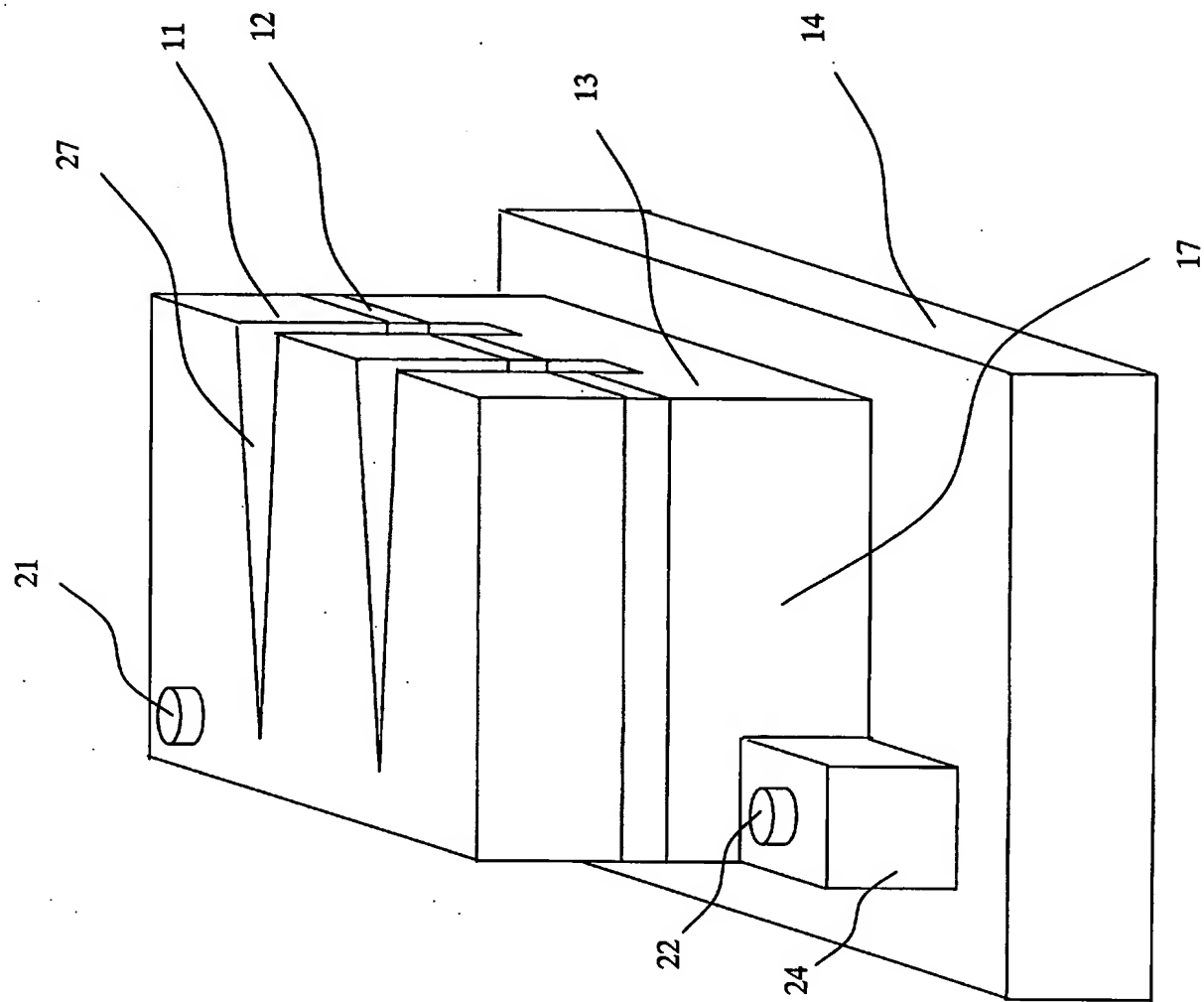
[図8]



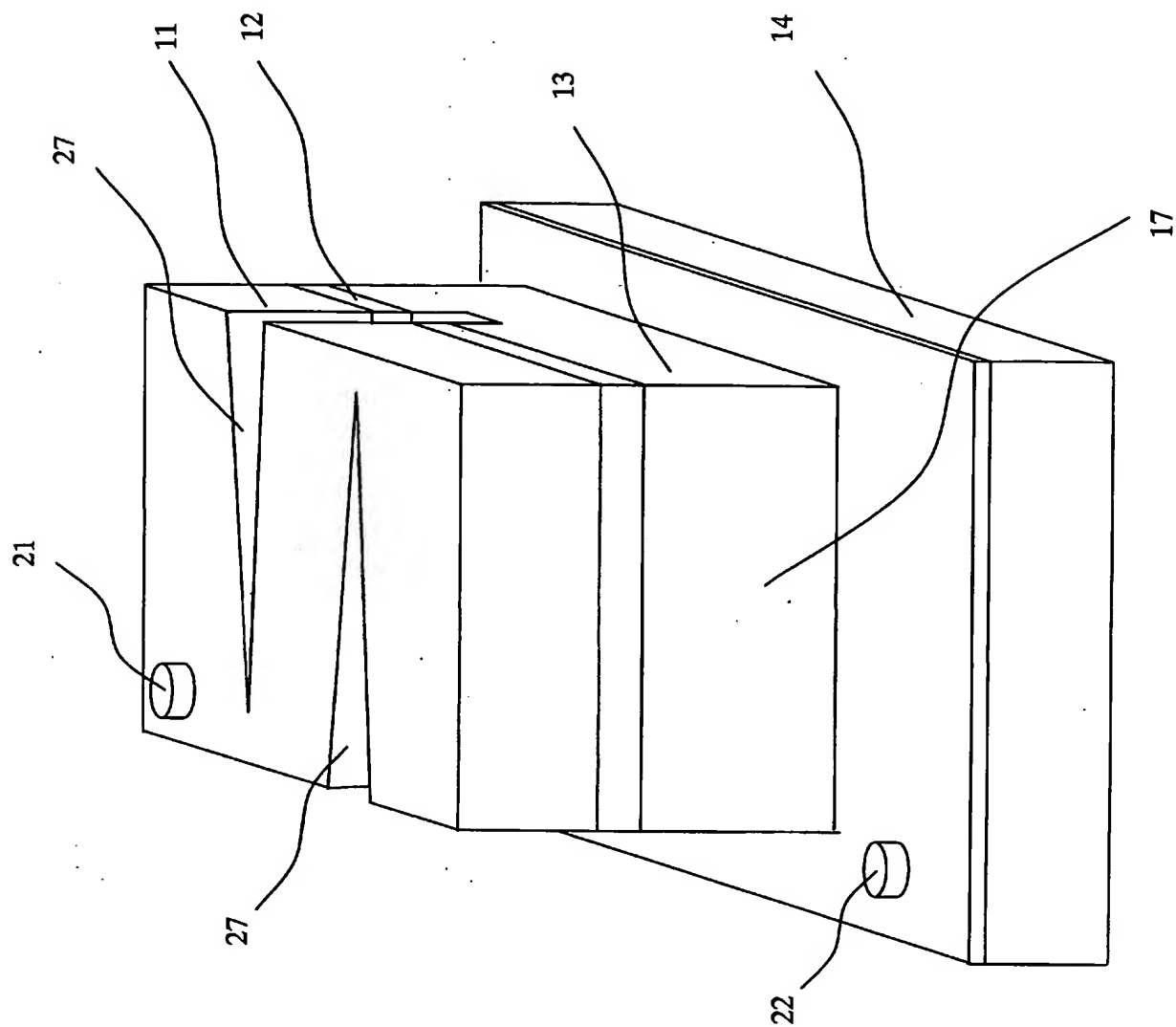
[図9]



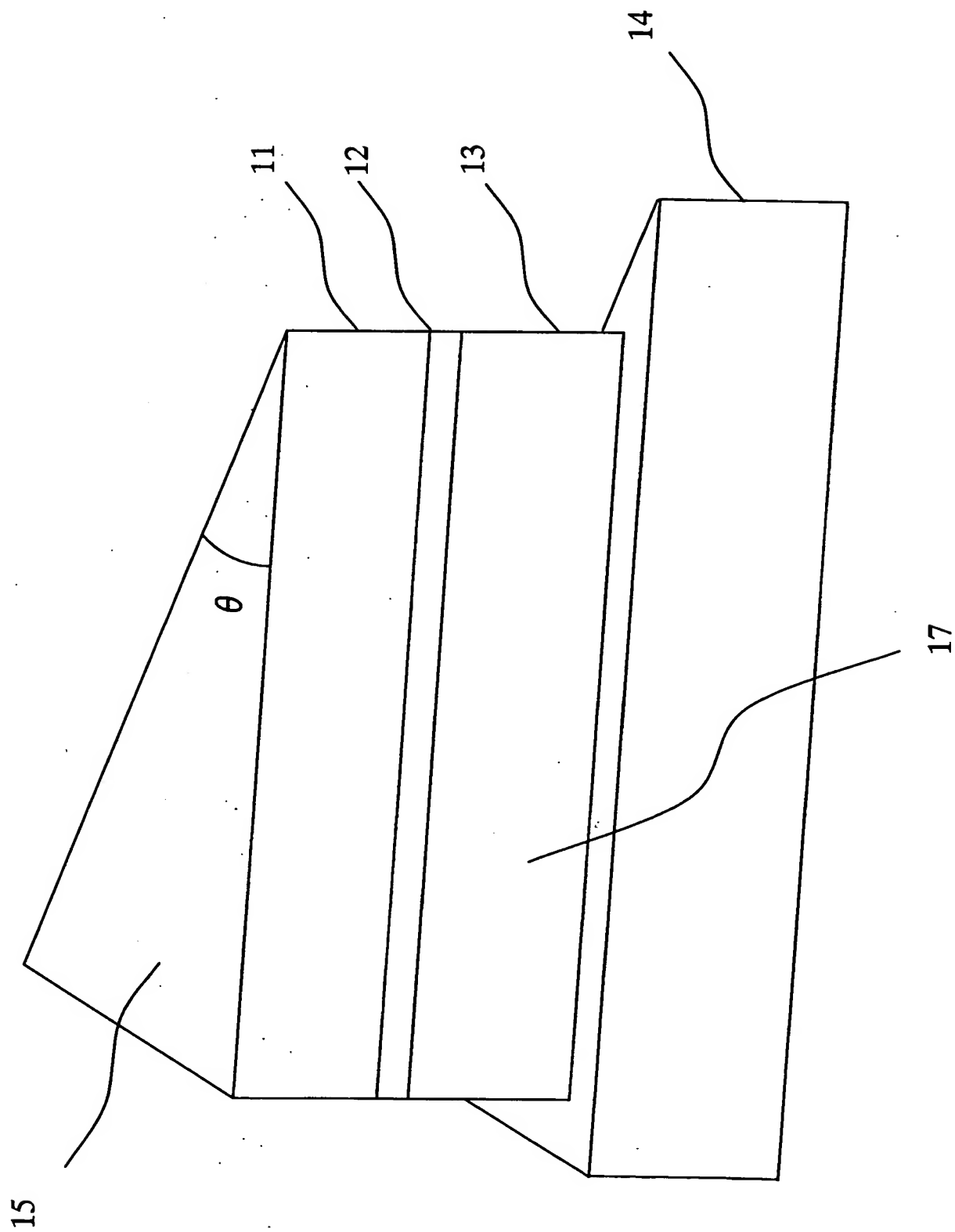
[図10]



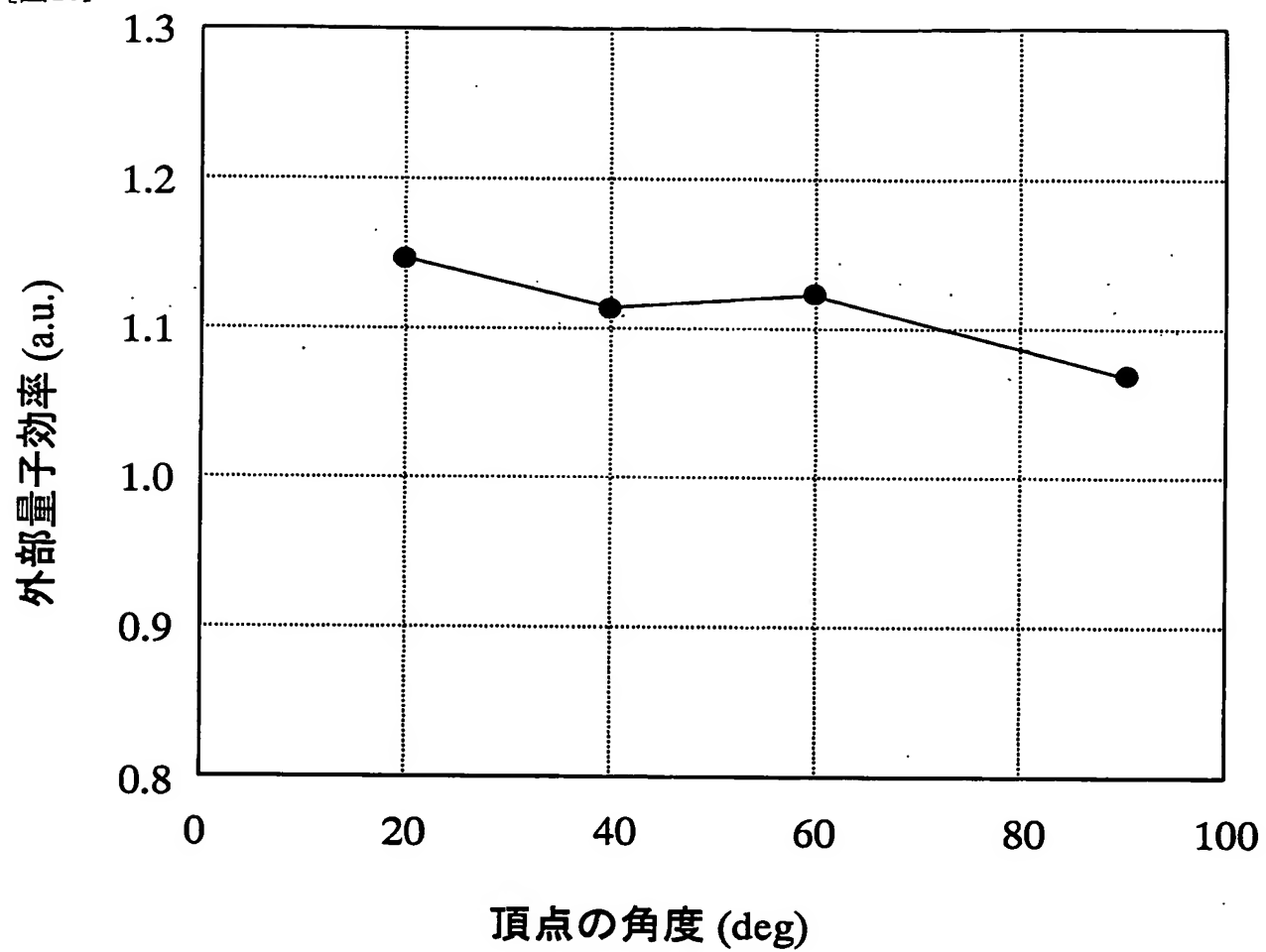
[図11]



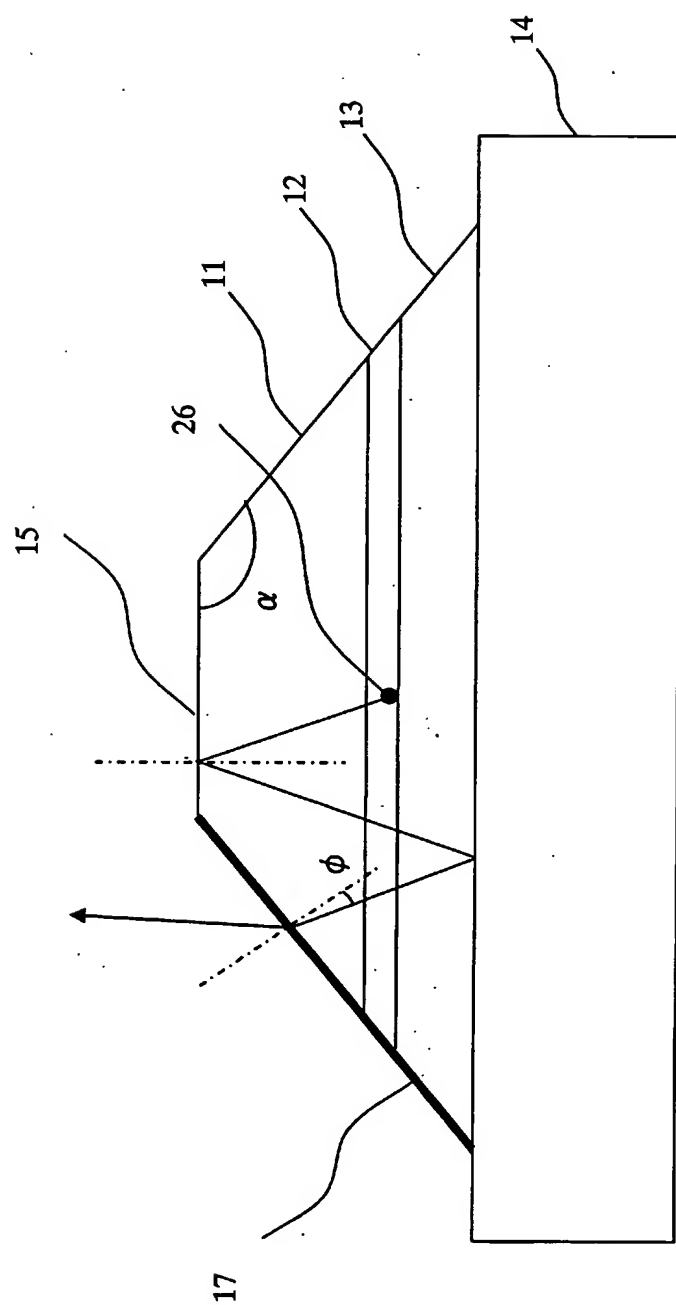
[図12]



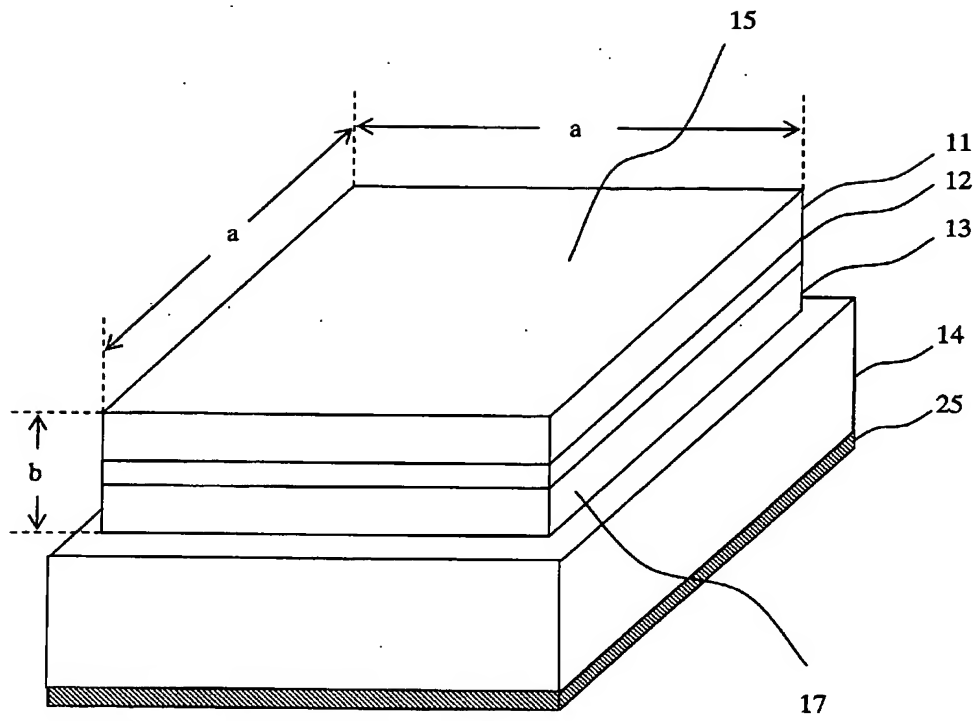
[図13]



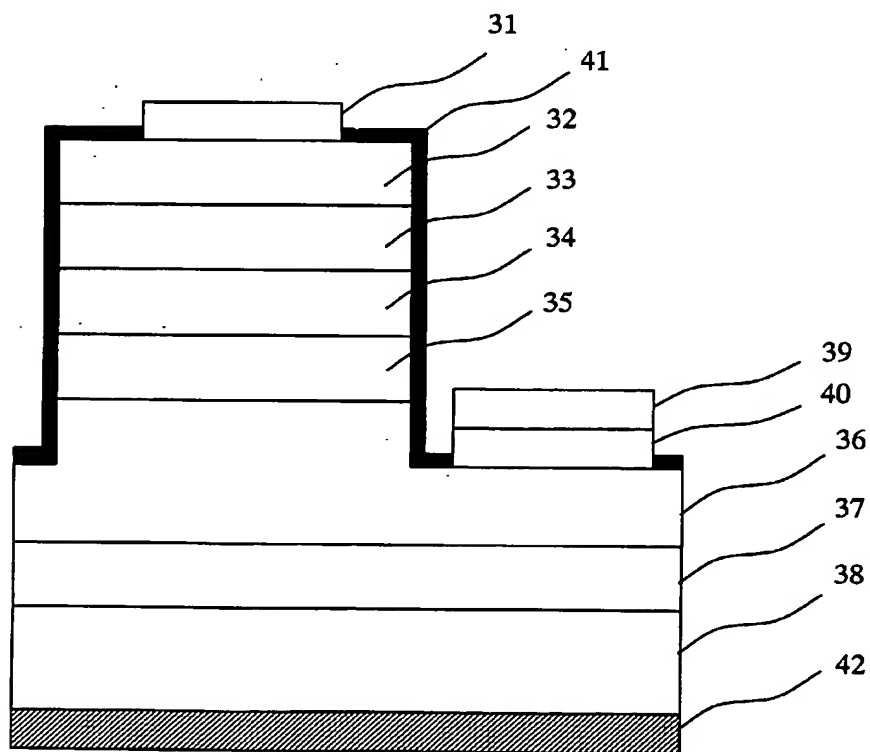
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁷ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁷ H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5-145118 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 11 June, 1993 (11.06.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 10-326910 A (RI Seisai), 08 December, 1998 (08.12.98), Full text; all drawings & KR 245192 B1	1-11
A	JP 6-5912 A (Sharp Corp.), 14 January, 1994 (14.01.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 January, 2005 (27.01.05)

Date of mailing of the international search report
15 February, 2005 (15.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000044

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

A matter common to claims 1-4 is an element structure well known to a person skilled in the art or conventionally practiced without the need of referring to documents, and is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H01L 33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H01L 33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2005年

日本国登録実用新案公報 1994-2005年

日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 5-145118 A(三菱電線工業株式会社)1993. 06. 11 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 10-326910 A(李成宰)1998. 12. 08 全文, 全図 & KR 245192 B1	1-11
A	JP 6-5912 A(シャープ株式会社)1994. 01. 14 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 01. 2005

国際調査報告の発送日

15. 2. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

道祖土 新吾

2K

9814

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-4に記載される発明に共通する事項は文献を示すまでもなく当業者に周知、乃至慣用されている素子構造でありPCT規則13.2の第2文の意味における特別な技術的特徴ではない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。